

ELEKTRISK MASKINTekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en elektrisk maskin innefattande åtminstone en kärna av magnetiskt material och en högspänningslindning lindad runt kärnan samt ett  
5 förfarande för framställning av en sådan maskin. I synnerhet avses en ickeroterande elektrisk maskin.

Uppfinningens bakgrund

Elektriska maskiner som innefattar en högspänningslindning används i stor utsträckning i olika sammanhang i  
10 eldistributionsnät. Exempel på ickeroterande maskiner av det här slaget är transformatorer och reaktorer. Traditionellt har transformatorer innefattat en kärna av magnetiskt material runt vilken en högspänningslindning och en lågspänningslindning anordnats. Traditionellt har den  
15 magnetiska kärnan med dess lindningar anordnats i en oljefylld behållare. En dylik transformator är relativt stor.

Med högspänning avses i det här sammanhanget spänningar över 1 kV.

20 I många fall är det relativt ont om plats på de ställen där en transformator skall placeras. Detta gäller exempelvis i de fall då transformatorn skall placeras inne i en tätort eller inne i en byggnad. I sådana fall hade det varit önskvärt att ha en mindre skrymmande  
25 transformator eller med en geometrisk form som är anpassad till de utrymmen som finns till förfogande. Exempelvis kan då transformatorn förläggas i en befintlig kabelgrav, längs en vägg eller under ett tak. I många fall är det dessutom önskvärt att åstadkomma en transformator med lägre vikt, exempelvis när transformatorn  
30 skall placeras i toppen av en kraftledningsstolpe.

När man distribuerar ström till bostäder vill man transformera ner spänningen till vanlig nätspänning så

## Sammanfattning av uppfinningen

Ett ytterligare ändamål med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla en elektrisk maskin vars form kan anpassas till det utrymme i vilket den är avsedd att placeras.

Ännu ett ändamål med föreliggande uppfinning är att  
25 tillhandahålla en användning av en elektrisk maskin  
enligt uppfinningen.

30 En elektrisk maskin enligt uppfinningen innefattar  
åtminstone en kärna av magnetiskt material och en hög-  
spänningslindning i form av en elektrisk ledare lindad  
runt kärnan. Den elektriska maskinen utmärkes av att den  
innefattar ett första isolerande skikt av ett fast, elek-  
35 triskt isolerande material som omsluter kärnan och som är  
anordnat mellan kärnan och högspänningslindningen, och

ett andra isolerande skikt av ett fast, elektriskt isolerande material som omsluter högspänningslindningen.

Den elektriska ledaren är företrädesvis lindad runt kärnan i huvudsakligen tangentiell riktning i förhållande  
5 till kärnans längdaxel.

Kärnan har företrädesvis huvudsakligen cylindrisk form, och med fördel huvudsakligen cirkulärcylindrisk form. Av praktiska skäl kan dock kärnans form avvika från den här formen. Kärnan är med fördel uppbyggd av ett  
10 flertal plåtar i vilket fall kärnan får en trappstegsformad kant.

Genom att använda ett fast isolationsmaterial möjliggörs ett betydligt mindre avstånd mellan högspänningslindningen och kärnan. Detta möjliggör en betydligt  
15 mindre elektrisk maskin än vad som är möjligt med känd teknik eller en maskin med betydligt bättre verkningsgrad.

De isolerande skikten utgörs med fördel av polymerrör. Detta medför att rören kan tillverkas i en  
20 löpande process genom extrudering, vilket är en väl utvecklad tillverkningsteknik. Alternativt kan isolationen extruderas direkt mot kärnan.

Vid tillverkning av den elektriska maskinen är det svårt att undvika luftfickor mellan de isolerande skikten  
25 och högspänningslindningen. Om det finns luftfickor kommer det att uppstå glimning vilket med tiden kan bryta ned det isolerande skiktet. Det här är ett problem i första hand vid spänningar över 1-2 kV och i synnerhet vid spänningar över 10 kV. Ett sätt att undvika problemet  
30 är att i de isolerande skikten använda sig av ett material som står emot glimning. Emellertid är det svårt att hitta material som är motståndskraftiga mot glimning och samtidigt har hög elektrisk hållfasthet.

För att man ska kunna dra största möjliga nytta av  
35 att man använder ett fast isolationsmaterial även vid höga spänningar är det därför fördelaktigt att den elektriska maskinen även innefattar ett första halvledande

skikt som är i kontakt med det första isolerande skiktet och omslutes av det första isolerande skiktet, ett andra halvledande skikt anordnat mellan det första isolerande skiktet och högspänningslindningen i kontakt med både det första skiktet och högspänningslindningen, ett tredje halvledande skikt anordnat mellan det andra isolerande skiktet och högspänningslindningen i kontakt med både det andra isolerande skiktet och högspänningslindningen, och ett fjärde halvledande skikt som är i kontakt med och omsluter det andra isolerande skiktet.

För bästa möjliga funktion är det viktigt att de halvledande skikten är i kontakt med respektive isolerande skikt.

De halvledande skikten har företrädesvis en ytresistans i intervallet  $10^5$ - $10^8 \Omega$ . Därigenom får man en lagom stor ledningsförmåga för att jämna ut det elektriska fältet samtidigt som man inte får alltför stora förluster.

Maskinen enligt uppfinningen kan vara av olika slag, såsom en reaktor eller en transformator. I fallet att den elektriska maskinen är en reaktor innefattar den endast en enda lindning i form av högspänningslindningen.

I fallet att den elektriska maskinen är en transformator innefattar den även en lågspänningslindning vilken omsluter kärnan.

Då den elektriska maskinen innefattar en lågspänningslindning innefattar den med fördel även ett tredje isolerande skikt av ett fast, elektriskt isolerande material, varvid lågspänningslindningen omsluter det andra skiktet och varvid lågspänningslindningen omslutes av ett tredje isolerande skikt av ett fast, elektriskt isolerande material.

Genom att anordna lågspänningslindningen utanför högspänningslindningen erhålls ett maximalt avstånd mellan den elektriska maskinens utsida och högspänningslindningen. I fallet att den elektriska maskinen exempelvis används nergrävd minimeras därigenom risken

för att man vid en olyckshändelse skall komma åt högspänningslindningen. Dock är det givetvis möjligt att anordna lågspänningslindningen innanför högspänningslindningen.

- 5 Enligt en utföringsform av föreliggande uppfinning har den elektriska maskinen formen av en kabel. Genom sin uppbyggnad är den elektriska maskinen väl lämpad att tillverkas i form av en kabel vilken är möjlig att tillverka med relativt små tvärsnittsdimensioner tack vare
- 10 att man tillverkar den med fast isolation. En fördel med att tillverka den elektriska maskinen i form av en kabel är att den då kan tillverkas i en löpande process. Kabeln kan därefter levereras till en kund upprullad på en kabeltrumma. En användare kan därefter kapa kabeln i
- 15 lämpliga bitar beroende på hur den elektriska maskinen ska användas.

- För att kunna använda den elektriska maskinen måste en kabel anslutas till högspänningslindningen. Anslutningen av högspänningslindningen till den elektriska
- 20 kabeln kan göras på många olika sätt. Man måste dock se till att undvika höga elektriska fält vid anslutningen mellan högspänningslindningen och den elektriska kabeln. En elektrisk ledare som är ansluten till högspänningslindningen är företrädesvis omsluten av ett fjärde
- 25 isolerande skikt av ett elektriskt isolerande material. Ledaren är delvis anordnad mellan det första och det andra skiktet, varvid det fjärde isolerande skiktet är försett med ett första glimskyddsskikt av ett material med olinjär resistivitet som funktion av det elektriska
- 30 fältet längs en del av yttersidan på det fjärde isolerande skiktet från den ände på det fjärde isolerande skiktet som ligger närmast lindningen. Det första isolerande skiktet och det andra isolerande skiktet är försedda med ett andra respektive ett tredje glimskyddsskikt av materialet med olinjär resistivitet på sträckor
- 35 som, i kärnans längdriktning, var och en åtminstone delvis överlappar det första glimskyddsskiktet.

Det fjärde isolerande skiktet är med fördel försett med ett femte halvledande skikt som är i kontakt med både den elektriska ledaren och det fjärde isolerande skiktet, och ett sjätte halvledande skikt som är i kontakt med och  
 5 omsluter det fjärde isolerande skiktet och är i kontakt med det första glimskyddsskiktet.

Glimskyddsskikten har en hög resistivitet för låga elektriska fält och en låg resistivitet för höga elektriska fält. Genom att anordna glimskyddsskikt på det här  
 10 sättet åstadkommes en jämn övergång av det elektriska fältet från den elektriska kabeln till den elektriska maskinen. Längden på överlappet bestäms av spänningen som den elektriska maskinen konstrueras för samt luftens elektriska genombrottsstyrka.

15 Glimskyddsskiktet har med fördel en ytresistans i intervallet  $10^8$ - $10^{12}$   $\Omega$  för elektriska fält understigande 1kV/mm.

Vid elektriska fält över 1 kV/mm har glimskyddsskiktet med fördel en ytresistans i intervallet  $10^5$ -  
 20  $10^9$   $\Omega$ . Man undviker därmed alltför höga elektriska fält samtidigt som man undviker alltför höga förluster.

Då den elektriska maskinen har en lågspänningslindning som är avsedd för spänningar över 1 kV är det fördelaktigt att det finns anordnat halvledande skikt på  
 25 båda sidor om det tredje elektriskt isolerande skiktet. Därigenom undviks glimning vid lågspänningslindningen.

Högspänningslindningen utgörs företrädesvis av en lackad tråd. Detta gör att man kan använda vanlig elektrisk tråd i högspänningslindningen.

30 För att optimera den elektriska maskinens prestanda vill man ha en viss tjocklek på högspänningslindningen. Man vill dessutom ha ett bestämt antal varv i lindningen samt en viss ledararea i lindningen. Dessa krav medför att högspänningslindningen måste göras i flera lager för  
 35 att få plats. Spänningen mellan två intilliggande lager blir emellertid relativt hög varvid det finns risk för genomslag mellan ledaren i de olika lagren. För att

undvika det här problemet görs högspänningslindningen med fördel så att den utgörs av åtminstone två dellindningar. Var och en av dellindningarna har företrädesvis en utsträckning i kärnans längdriktning i intervallet 0,03-2 meter. Därigenom undviks höga elektriska spänningar mellan ledare i högspänningslindningen, vilka spänningar kan leda till genomslag.

Givetvis är det möjligt att ha även andra längder på dellindningarna beroende bland annat på vilken spänning högspänningslindningen är avsedd för.

Företrädesvis finns det anordnat kylkanaler i kärnan vilka är anordnade i kärnans längdriktning. Därigenom säkerställs en god kylning av den elektriska maskinen. En fördel med att anordna kylkanaler i kärnan är att det är ett relativt okomplicerat och effektivt sätt att kyla den elektriska maskinen. Ett alternativ till att använda kylkanaler i kärnan är att anordna kylflänsar som omsluter den elektriska maskinen. Dylka kylflänsar kan givetvis försees med kylkanaler. Ett annat alternativ till att kyla är att utforma maskinen så långsträckt att egenkonvektionen räcker till som kylprincip.

Den elektriska maskinen innefattar även med fördel en elektrisk skärm som omsluter det yttersta isolerande skiktet. Den elektriska skärmen ger fördelen att det elektromagnetiska fältet från lindningarna inte stör omgivande utrustning.

Det finns ett flertal fasta material som kan användas i de isolerande skikten. Enligt en föredragen utföringsform utgörs det isolerande materialet av tvärbunden polyeten. Ett annat exempel på lämpligt material är polypropylen.

Enligt en aspekt av föreliggande uppfinning åstadkommes ett förfarande för framställning av en elektrisk maskin. Förfarandet utmärkes av att det innefattar stegen att tillhandahålla en stavformig kärna av ett magnetiskt material, att omsluta den stavformiga kärnan med ett första skikt av ett elektriskt isolerande material, att

linda en högspänningslindning runt det första skiktet, och att omsluta högspänningslindningen och kärnan med ett andra skikt av ett elektriskt isolerande material.

5 Företrädesvis innefattar förfarandet även stegen att åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det andra skiktet och högspänningslindningen, och att åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det första skiktet och kärnan. Genom att åstadkomma mekanisk förbindelse erhålls en bättre värmeledning från kärnan radiellt utåt.

10 De isolerande skikten tillhandahålls med fördel i form av rör.

Med fördel är det första skiktet och det andra skiktet av elektriskt isolerande krympbara material. Förfarandet innefattar då med fördel även stegen att 15 värma det första skiktet så att det krymper och kommer i kontakt med kärnan för att därigenom åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det första skiktet och kärnan, att värma det andra skiktet så att det krymper och kommer i kontakt med högspänningslindningen för att därigenom 20 åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det andra skiktet och högspänningslindningen.

Ett sådant förfarande är relativt enkelt att automatisera. Genom att man krymper på det första och det andra skiktet erhåller man god kontakt mellan skikten och 25 de innanför liggande delarna. Genom att de isolerande skikten tillhandahålls i form av rör blir det relativt enkelt att åstadkomma isoleringen på ett billigt och rationellt sätt.

Alternativt fylls mellanrummet mellan det första skiktet och kärnan eller mellan det andra skiktet och 30 högspänningslindningen med ett elektriskt isolerande material. Givetvis kan båda de nämnda mellanrummen fyllas med ett isolerande material.

Förfarandet enligt uppfinningen innefattar med 35 fördel även stegen att förse insidan av det första skiktet med ett första halvledande skikt, att förse utsidan av det första skiktet med ett andra halvledande



skikt, att förse insidan av det andra skiktet med ett tredje halvledande skikt, och att förse utsidan av det andra skiktet med ett fjärde halvledande skikt.

- Företrädesvis åstadkommes skikten genom extrudering.
- 5 Detta är en välutvecklad process och möjliggör tillverkning av den elektriska maskinen i en löpande process.

- Företrädesvis åstadkommes skikten genom extrudering varvid de halvledande skikten extruderas på de isolerande skikten i form av polymerskikt i vilka elektriskt ledande
- 10 partiklar, såom exempelvis sotpartiklar blandats in. Detta är ett enkelt förfarande för att anordna de halvledande skikten på de isolerande skikten.

- Med fördel innefattar förfarandet även steget att linda en lågspänningslindning runt det andra isolerande
- 15 skiktet efter att det har värmts. Detta är också möjligt att implementera i en löpande process.

- Med fördel utförs nämnda steg i en löpande process i vilken den elektriska maskinen framställs i form av en kabel. Genom att framställa den elektriska maskinen i
- 20 form av en kabel kan man enkelt dela upp den i lämpligt långa bitar i efterhand.

- Vid förfarandet i allmänhet och vid en löpande process i synnerhet, kan de isolerande skikten med fördel extruderas direkt på kärnan respektive högspänningslind-
- 25 ningen.

- En elektrisk maskin enligt uppfinningen kan med fördel användas på ett flertal olika sätt. För att undvika det ovan nämnda problemet med en tung transformator i toppen av en stolpe kan man med fördel använda en elek-
- 30 trisk maskin enligt uppfinningen hängande från toppen av en stolpe.

Den elektriska maskinen sträcker sig då företrädesvis från toppen av stolpen ner mot en nedre del av stolpen.

- 35 Speciellt i fallet då den elektriska maskinen är långsträckt eller i form av en kabel är en sådan användning fördelaktig eftersom en elektrisk maskin enligt upp-

finningen är ett mindre vindfång och har en lägre liggande tyngdpunkt än tidigare kända maskiner.

Ett annat exempel på användning där en elektrisk maskin enligt uppfinningen är lämplig är placering av transformatorn i en kabelstege hängande från ett tak.

Ett annat exempel på användning där en elektrisk maskin enligt uppfinningen är lämplig är då den placeras i en kabelgrav.

Med fördel kan en elektrisk maskin med tre parallella kärnor och lindningar enligt uppfinningen användas för transformerering av trefas högspänning till nätspänning.

I en sådan trefastransformator kopplas med fördel kärnorna ihop i båda ändarna för att sluta det magnetiska flödet. Alternativt är det möjligt att endast i ändarna tvinna ihop de tre elektriska maskinerna ihop för att sluta det magnetiska flödet. Genom att den elektriska maskinen kan göras med liten diameter blir kopplingen av det magnetiska fältet tillräckligt god vid en sådan användning, speciellt om kärnan består av magnetiska trådar som efter bortskalning av lindningarna tvinnas in i varandra.

Vid höga frekvenser överstigande 150 Hz är det speciellt fördelaktigt att använda en elektrisk maskin enligt uppfinningen. Vid höga frekvenser kan kärnans dimensioner minskas avsevärt. Med en elektrisk maskin enligt uppfinningen kan dess totala dimensioner göras små eftersom de isolerande skiktens dimensioner är små.

Ovanstående särdrag kan givetvis kombineras i samma utföringsform.

För att ytterligare belysa uppfinningen kommer i det följande detaljerade utföringsformer av uppfinningen att beskrivas, utan att emellertid uppfinningen skall anses begränsad härtill.

### Kort beskrivning av ritningarna

Fig. 1 visar en elektrisk maskin med tre sammankopplade kärnor enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning.

5 Fig. 2 är en tvärsnittsvy vid A av en del av den elektriska maskinen i figur 1.

Fig. 3 visar den i figur 2 visade elektriska maskinen längs snittet B-B.

Fig. 4 visar inkopplingen av en elektrisk kabel till  
10 högspänningslindningen i en elektrisk maskin enligt den föredragna utföringsformen av föreliggande uppfinning.

Fig. 5 visar en användning av en transformator enligt uppfinningen, vilken transformator används hängande från en stolpe.

### 15 Beskrivning av föredragna utföringsformer

I fig 1 visas en elektrisk maskin enligt föreliggande uppfinning i form av en trefastransformator 1 som består av tre enfastransformatorer 2, 3, 4 enligt föreliggande uppfinning. Enfastransformatorernas kärnor 5 är  
20 sammankopplade med ok 6, 7 i båda ändarna. Högspänningskablar 9 är anslutna till högspänningslindningar i enfastransformatorerna och lågspänningskablar 8 är anslutna till lågspänningskablar i enfastransformatorerna. Transformatorn i figur 1 är betydligt mera långsträckt än  
25 traditionella transformatorer och kan därför placeras i långsmala utrymmen såsom kabelgravar och dylikt.

I figur 2 visas ett tvärsnitt av en av enfastransformatorerna 2,3,4 vid A i figur 1. Transformatorn är avsedd för omvandling från 10 kV högspänning till 400 V  
30 nätspänning. Enfastransformatorn innefattar en järnkärna 10 vilken är uppbyggd av ett flertal plåtar 11 som sträcker sig i järnkärnans längdriktning vinkelrätt mot figurens plan. För åskådlighetens skull visas endast en plåt 11 i figur 2. Järnkärnan 10 är omsluten av ett  
35 första halvledande skikt 13. Skiktets tjocklek är 0,1-0,5 mm. I järnkärnan 10 finns kylkanaler 12 för kylning av transformatorn. Det halvledande skiktet 13 är i sin tur

omslutet av ett första isolerande skikt 14 av en polymer och ett andra halvledande skikt 15. Det första halvledande skiktet 13 och det andra halvledande skiktet 15 är integrerade med det första isolerande skiktet 14 och består av samma sorts polymer som det första isolerande skiktet. I de halvledande skikten har emellertid, elektriskt ledande partiklar, exempelvis sotpartiklar, blandats in för att polymeren ska bli halvledande. Utanför det andra halvledande skiktet finns en högspänningslindning 16 anordnad. Högspänningslindningen 16 utgörs företrädesvis av lackad koppartråd. Högspänningslindningen 16 är omsluten av ett andra isolerande skikt 18 som är belagt med ett tredje halvledande skikt 17 på sin insida och ett fjärde halvledande skikt 19 på sin utsida. Utanför det fjärde halvledande skiktet 19 finns det anordnat en lågspänningslindning 20 och ett tredje isolerande skikt 21. Funktionen hos de halvledande skikten 13,15,17,19 är att utjämna det elektriska fältet. De halvledande skikten är anordnade som integrerade delar av det första isolerande skiktet respektive det andra isolerande skiktet. Polymeren i de isolerande skikten är exempelvis tvärbunden polyeten. De isolerande skikten är anpassade till den spänning som transformatorn är avsedd för och är i det här fallet 1-3 mm tjocka då transformatorn är avsedd för 10 kV. De halvledande skikten består av samma sorts polymer som de isolerande skikten i vilken polymer sotpartiklar blandats in.

En transformator enligt figur 2 framställs med genom att en stavformig kärna 10 omsluts med ett första rör 14 av ett isolerande material som är försett med ett första halvledande skikt 13 på sin insida och ett andra halvledande skikt 15 på sin utsida. Därefter värms det första röret 14 så att det krymper och kommer i kontakt med kärnan 10. I nästa steg lindas en högspänningslindning 16 runt det första röret 14 varefter högspänningslindningen 16 och kärnan 10 omsluts med ett andra rör 18 av ett isolerande krympbart material som är försett

med ett tredje halvledande skikt 17 på sin insida och ett fjärde halvledande skikt 19 på sin utsida. Det andra röret 18 värms så att det krymper och kommer i kontakt med högspänningslindningen (16). Slutligen lindas en  
 5 lågspänningslindning 20 runt det andra röret och ett tredje rör 21 förs på motsvarande sätt på utanför lågspänningslindningen. De isolerande rören framställs genom extrudering.

Enligt en alternativ utföringsform av föreliggande  
 10 uppfinning framsätts transformatorn i en löpande process i vilken en lång kärna 10 förs fram samtidigt som de isolerande skikten extruderas på och lindningarna läggs på. Enligt den här utföringsformen görs de olika stegen, som beskrevs ovan, samtidigt på olika delar av trans-  
 15 formatorn.

I fig. 3 visas den elektriska maskinen längs snittet B-B i figur 2. I figuren visas endast en del av kärnan 10. Högspänningslindningen 16 är uppdelad i ett flertal dellindningar 22 vilka är åtskilda av isoleringsorgan 23  
 20 i form av polymerbrickor. De olika dellindningarna är sammankopplade för bildandet av en hel lindning. Dellindningarna består av koppartråd lindad i ett flertal lager. Spänningen mellan två intilliggande trådar är maximal i kanten på en lindning. Den maximala spänningsskillnaden  
 25 mellan två intilliggande trådar beror på dellindningens längd. Dellindningarna i figur 3 är 0.05 meter långa. I lågspänningslindningen 20 är spänningen mycket lägre varför det inte finns något behov av att dela upp lågspänningslindningen i dellindningar.

I fig 4 visas ett längd tvärsnitt av en del av en transformator. Figuren visar hur en högspänningskabel är inkopplad till högspänningslindningen på transformatorn. Såsom nämnts tidigare är det första isolerande skiktet 14 belagt med ett första halvledande skikt 13 och ett andra  
 35 halvledande skikt 15. Högspänningslindningen 16 är ansluten till kabelns 24 ledare 25. Kabeln har ett yttre skyddshölje. Ledaren 25 är omsluten av ett femte halv-

ledande skikt 26, ett tredje isolerande polymerskikt 27 och ett sjätte halvledande skikt. De halvledande skikten består av en polymer med inblandade sotpartiklar. De halvledande skikten har en ytresistans i intervallet  $10^5$ - $10^8 \Omega$ . Det tredje isolerande skiktet 27 är belagt med ett första glimskyddsskikt 29 på den del som är närmast högspänningslindningen. Det första isolerande skiktet 14 som omsluter kärnan är belagt med ett andra glimskyddsskikt 30 på den sida som är riktad mot högspänningslindningen och som ansluter till det andra halvledande skiktet. Det andra isolerande skiktet 18 som omsluter kärnan är belagt med ett tredje glimskyddsskikt 31, vilket är anordnat på den sida som är riktad mot högspänningslindningen och vilket är i kontakt med det tredje halvledande skiktet. Glimskyddsskikten har en olinjär resistivitet som funktion av det elektriska fältet. Ytresistansen för glimskyddsskiktet är  $10^8$ - $10^{12} \Omega$  vid 1 kV/mm och  $10^3 \Omega$ m vid 100 kV/m. Glimskyddsskiktens tjocklek är ungefär 0,3 mm. Glimskyddsskiktens funktion är att jämna ut det elektriska fältet. Det elektriska fältet åskådliggörs med fältlinjerna 32 som löper från det första isolerande skiktet 14 till det fjärde isolerande skiktet i kabeln. Genom att glimskyddsskikten har en relativt låg resistans för höga fält kommer fältlinjerna att spridas ut vid genomgången genom glimskyddsskikten. Därigenom undviks alltför höga fält i de oundvikliga luftfickor som finns vid övergången mellan kabeln och transformatorn. I figur 4 visas även i större detalj anslutningen av en lågspänningsledning till lågspänningslindningen 20, vilken anslutning är gjord på traditionellt sätt med ett skruvförband 33.

I figur 5 visas en principskiss över en användning av en transformator enligt den beskrivna föredragna utföringsformen. En högspänningsledning 40 för 10 kV leds via stolpar 42 till en transformator 41 som transformerar ned spänningen till 400 V innan en elkonsument, t ex ett boningshus 43. Transformatorn 40 är anordnad hängande

från en stolpe. Genom att transformatorn är långsträckt utgör den inte lika stort vindfång som en traditionell transformator samtidigt som tyngdpunkten kommer längre ned.

5 De ovan beskrivna utföringsformerna skall endast ses  
som exempel. En fackman inom området inser att ovan-  
stående utföringsformer kan varieras på ett antal sätt  
utan att frånga uppfinningstanken. Exempelvis kan fyra  
järnkärnor med tillhörande lindningar placeras intill  
10 varandra för att skapa redundans i en trefastransfor-  
mator.

Kylkanalerna behöver inte nödvändigtvis vara anordnade inne i kärnan utan kan alternativt anordnas i en kylfläns som omsluter kärnan inklusive lindningar och skikt.

Givetvis kan lågspänninglindningen placeras närmast kärnan och högspänningslindningen utanför.

Både hög- och lågspänningslindningen kan göras för högspänning. Lågspänningslindningen utformas då på liknande sätt som högspänningslindningen med halvledande skikt på båda sidor om isolationsskiktet 21. I detta fall förses transformatorn med en yttre jordad skärm (ej visad på bilden) som ligger an mot det yttre halvledande skiktet hos 21.

25 Givetvis behöver inte röret krympas på på kärnan.  
Istället kan spalten mellan röret och kärnan fyllas ut  
med exempelvis silikonlim.

Ett annat alternativ är att extrudera de isolerande skikten direkt på kärnan respektive lindningarna.

30 Det är givetvis inte nödvändigt att använda sotpartiklar i de halvledande skikten. Alternativt kan istället andra ämnen såsom metalloxider användas.

## PATENTKRAV

1. Elektrisk maskin innefattande åtminstone en kärna  
(5,10) av magnetiskt material och en högspänningslindning  
5 (16) i form av en elektrisk ledare lindad runt kärnan,  
k ä n n e t e c k n a d av att den innefattar  
ett första isolerande skikt (14) av ett fast,  
elektriskt isolerande material som omsluter kärnan (10)  
och som är anordnat mellan kärnan (10) och högspännings-  
10 lindningen (16),

ett andra isolerande skikt (18) av ett fast,  
elektriskt isolerande material som omsluter  
högspänningslindningen (16).

2. Elektrisk maskin enligt patentkrav 1, vilken även  
15 innefattar

ett första halvledande skikt (13) som är i kontakt  
med det första isolerande skiktet och omslutes av det  
första isolerande skiktet (14),

ett andra halvledande skikt (15) anordnat mellan det  
20 första isolerande skiktet (14) och högspänningslindningen  
(16) i kontakt med både det första skiktet och hög-  
spänningslindningen (16),

ett tredje halvledande skikt (17) anordnat mellan  
det andra isolerande skiktet (18) och högspännings-  
25 lindningen (16) i kontakt med både det andra isolerande  
skiktet (18) och högspänningslindningen (16), och

ett fjärde halvledande skikt (19) som är i kontakt  
med och omsluter det andra isolerande skiktet (18).

3. Elektrisk maskin enligt patentkrav 2, varvid de  
30 halvledande skikten (13,15,17,19) har en ytresistans i  
intervallet  $10^5$ - $10^8 \Omega$ .

4. Elektrisk maskin enligt patentkrav 1, 2 eller 3,  
vilken vidare innefattar en lågspänningslindning (20)  
vilken omsluter kärnan.

5. Elektrisk maskin enligt något av föregående  
35 patentkrav, vilken även innefattar ett tredje isolerande  
skikt (21) av ett fast, elektriskt isolerande material,



varvid lågspänningslindningen (20) omsluter det andra isolerande skiktet (18) och varvid lågspänningslindningen omslutes av det tredje isolerande skiktet (21).

- 5     (6) Elektrisk maskin enligt något av föregående patentkrav, vilken även innefattar en elektrisk ledare som är omsluten av ett fjärde isolerande skikt (27) av ett elektriskt isolerande material och som är ansluten till högspänningslindningen (16), och som delvis är anordnad mellan det första isolerande skiktet (14) och  
10   det andra isolerande skiktet (18), varvid det fjärde isolerande skiktet (27) är försett med ett första glim-skyddsskikt (29) av ett material med olinjär resistivitet som funktion av det elektriska fältet längs en del av yttersidan på det fjärde isolerande skiktet (27) från den  
15   ände på det fjärde isolerande skiktet (27) som ligger närmast lindningen och varvid det första isolerande skiktet (14) och det andra isolerande skiktet (18) är försedda med ett andra glimskyddsskikt (30) respektive ett tredje glimskyddsskikt (31) av materialet med olinjär  
20   resistivitet på sträckor som, i kärnans längdriktning, var och en åtminstone delvis överlappar det första glim-skyddsskiktet (29).

7. Elektrisk maskin enligt patentkrav 6, varvid glimskyddsskikten (29,30,31) har en ytresistans i  
25   intervallet  $10^8$ - $10^{12} \Omega$  för elektriska fält understigande 1kV/mm.

8. Elektrisk maskin enligt något av föregående patentkrav, varvid högspänningslindningen (16) utgörs av en lackad tråd.

- 30   9. Elektrisk maskin enligt patentkrav 8, varvid högspänningslindningen utgörs av åtminstone två del-lindningar (22), vilka vardera har en utsträckning i kärnans längdriktning i intervallet 0,03-2 meter.

10. Elektrisk maskin enligt något av föregående  
35   patentkrav, varvid det finns anordnat kylkanaler (12) i kärnan som är anordnade i kärnans längdriktning.

11. Elektrisk maskin enligt något av föregående patentkrav, varvid de isolerande skikten är av tvärbunden polyeten, så kallad PEX.

5 12. Elektrisk maskin enligt något av föregående patentkrav, vilken även innefattar en elektrisk skärm som omsluter det yttersta isolerande skiktet.

13. Förfarande för framställning av en elektrisk maskin, k ä n n e t e c k n a t av att det innefattar stegen

10 att tillhandahålla en stavformig kärna (5,10) av ett magnetiskt material,

att omsluta den stavformiga kärnan (5,10) med ett första skikt (14) av ett elektriskt isolerande material,

15 att linda en högspänningslindning (16) runt det första skiktet (14), och

att omsluta högspänningslindningen (16) och kärnan (5,10) med ett andra skikt (18) av ett elektriskt isolerande material.

20 14. Förfarande enligt patentkrav 13, k ä n n e t e c k n a t av att det även innefattar stegen

att åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det andra skiktet (18) och högspänningslindningen (16), och

att åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det första skiktet (14) och kärnan.

25 15. Förfarande enligt patentkrav 14, k ä n n e t e c k n a t av att det första skiktet (14) och det andra skiktet (18) är av elektriskt isolerande krympbara material, och av att det innefattar stegen

30 att värma det första skiktet (14) så att det krymper och kommer i kontakt med kärnan för att därigenom åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det första skiktet och kärnan, och

att linda en högspänningslindning (16) runt det första skiktet (14), och

35 att värma det andra skiktet (18) så att det krymper och kommer i kontakt med högspänningslindningen (16) för

att därigenom åstadkomma mekanisk förbindelse mellan det andra skiktet och högspänningslindningen.

16. Förfarande enligt patentkrav 13, 14 eller 15, vilket även innefattar stegen

5 att förse insidan av det första skiktet (14) med ett första halvledande skikt (13),

att förse utsidan av det första skiktet med ett andra halvledande skikt (15),

10 att förse insidan av det andra skiktet (18) med ett tredje halvledande skikt (17), och

att förse utsidan av det andra skiktet (18) med ett fjärde halvledande skikt (19).

17. Förfarande enligt något av patentkraven 13-16, varvid skikten (14,18) åstadkommes genom extrudering.

15 18. Förfarande enligt patentkrav 16, varvid skikten (14,18) åstadkommes genom extrudering och varvid de halvledande skikten (13,15,17,19) extruderas på skikten (14,18) i form av polymerskikt i vilka elektriskt ledande partiklar blandats in.

20 19. Förfarande enligt något av patentkraven 13-18, vilket även innefattar steget att linda en lågspänningslindning (20) runt det andra skiktet (18) efter att det har värmts.

25 20. Förfarande enligt något av patentkraven 13-19, varvid nämnda steg utförs i en löpande process i vilken den elektriska maskinen framställs i form av en kabel.

21. Användning av en elektrisk maskin, enligt något av patentkraven 1-12, hängande från toppen av en stolpe (42).

30 22. Användning av en elektrisk maskin, enligt något av patentkraven 1-12, hängande mellan två stolpar.

23. Användning av en elektrisk maskin, enligt något av patentkraven 1-12, liggande i en kabelgrav.

35 24. Användning av en elektrisk maskin, enligt något av patentkraven 1-12, liggande på en kabelstege.

25. Användning av en elektriska maskiner, enligt något av patentkraven 1-12, som en transformator för transformering av högspänning till nätspänning.

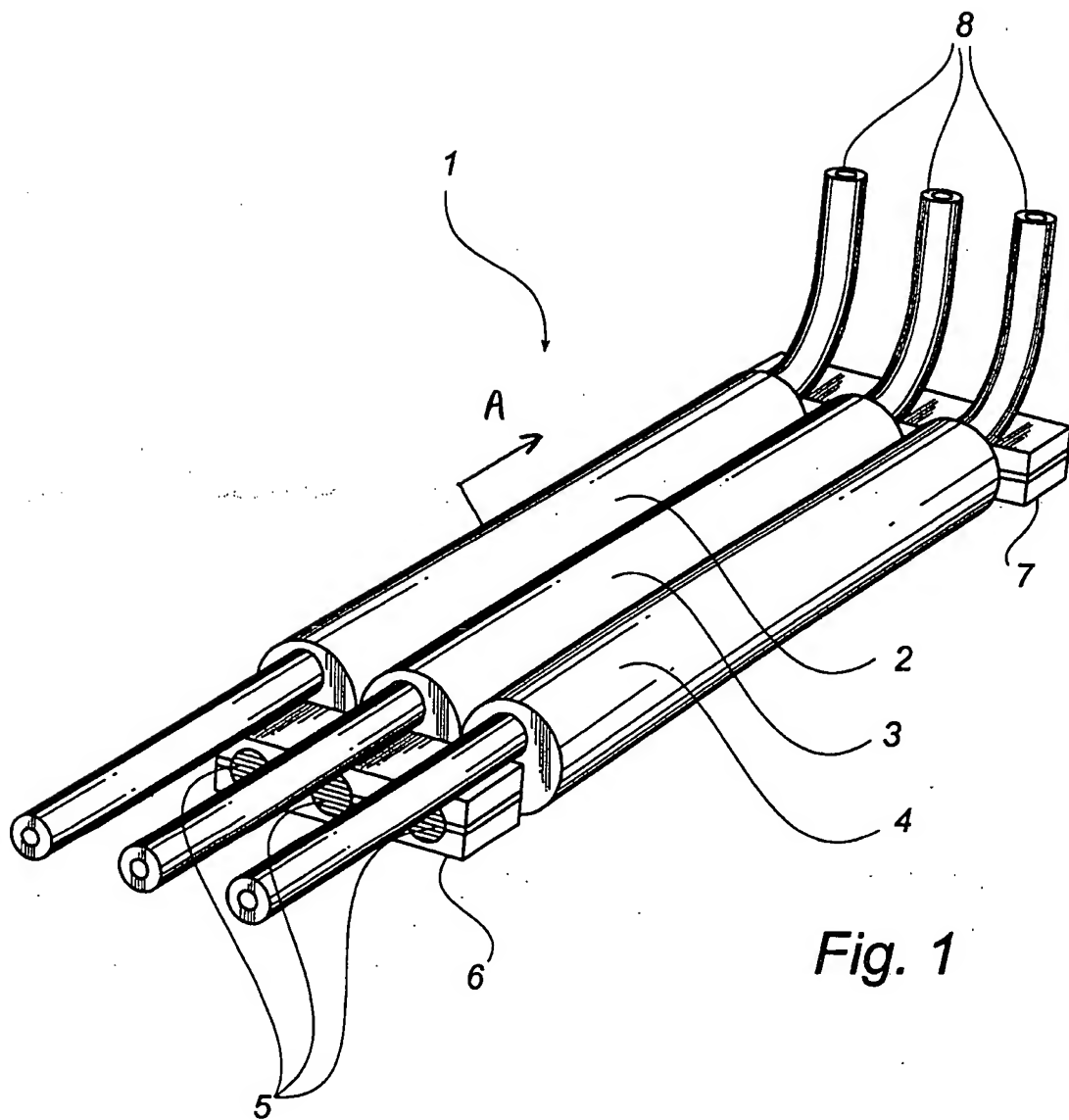
26. Användning enligt patentkrav 21, varvid kärnorna  
5 är kopplade till varandra i båda ändarna.

27. Användning enligt patentkrav 21, varvid ett ändparti av renskalade kärnor hos maskinerna är tvinnade runt varandra för slutande av det magnetiska flödet.

28. Användning av en elektrisk maskin enligt något  
10 av patentkraven 1-12, vid frekvenser överstigande 150 Hz.

## SAMMANDRAG

En elektrisk maskin innefattar åtminstone en kärna  
(5,10) av magnetiskt material och en högspänningslindning  
5 (16) i form av en elektrisk ledare lindad runt kärnan och  
ett förfarande för framställning av en sådan maskin  
beskrivs. Maskinen innefattar ett första isolerande skikt  
(14) av ett fast, elektriskt isolerande material som  
omsluter kärnan (10) och som är anordnat mellan kärnan  
10 (10) och högspänningslindningen (16), och ett andra  
isolerande skikt (18) av ett fast, elektriskt isolerande  
material som omsluter högspänningslindningen (16).



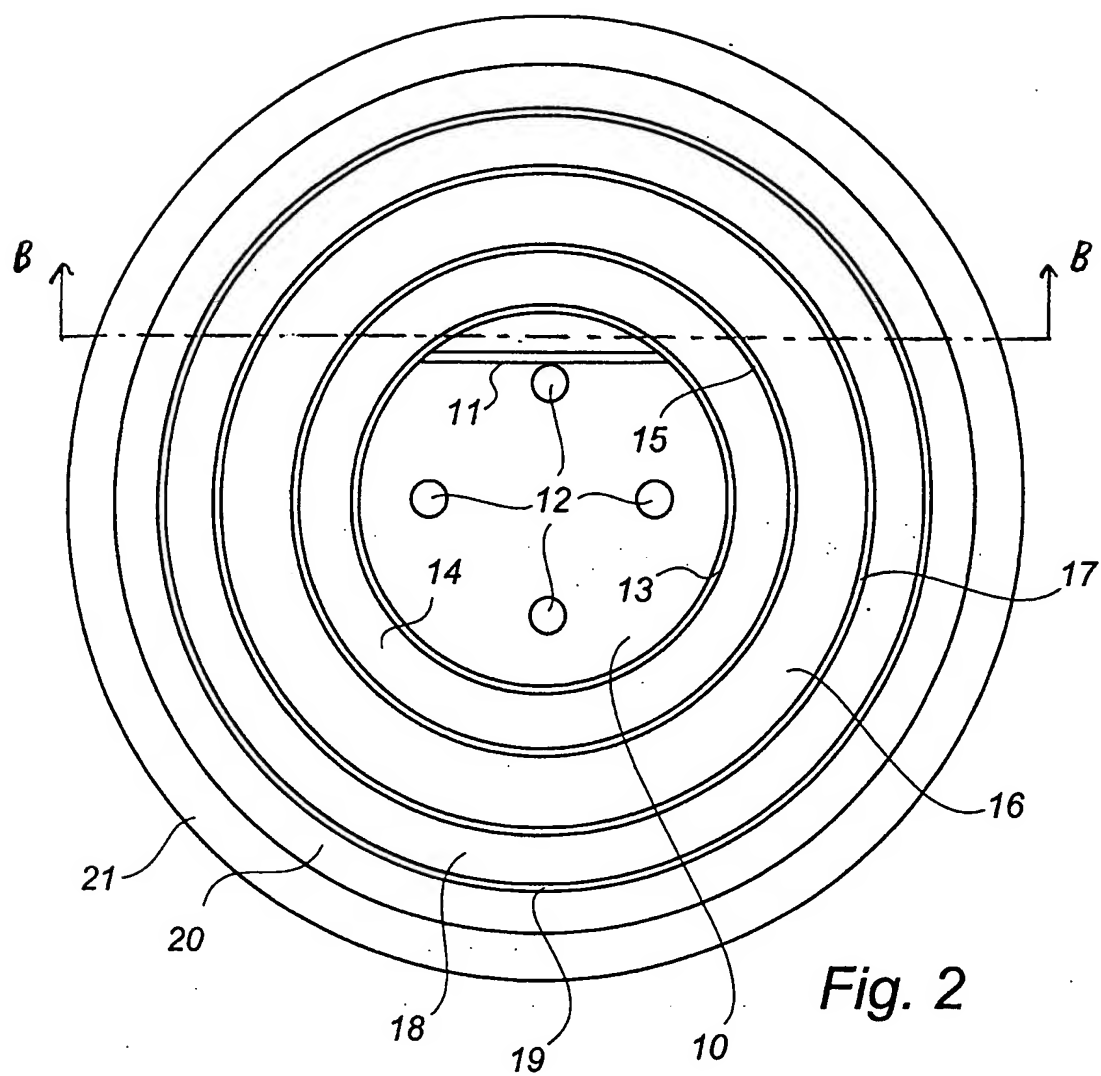
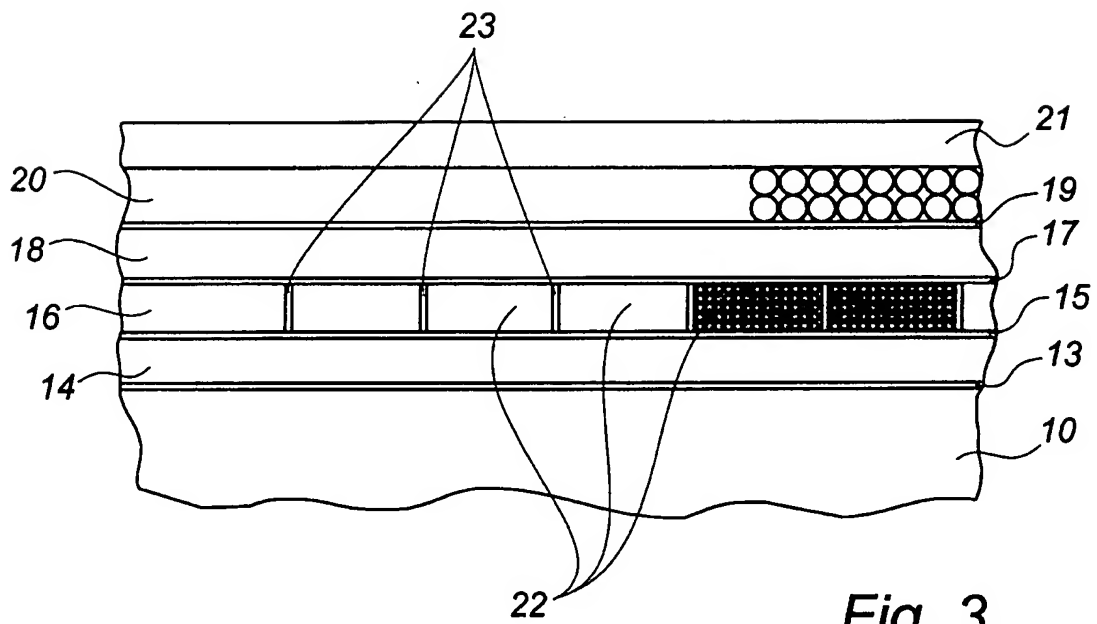


Fig. 2



*Fig. 3*



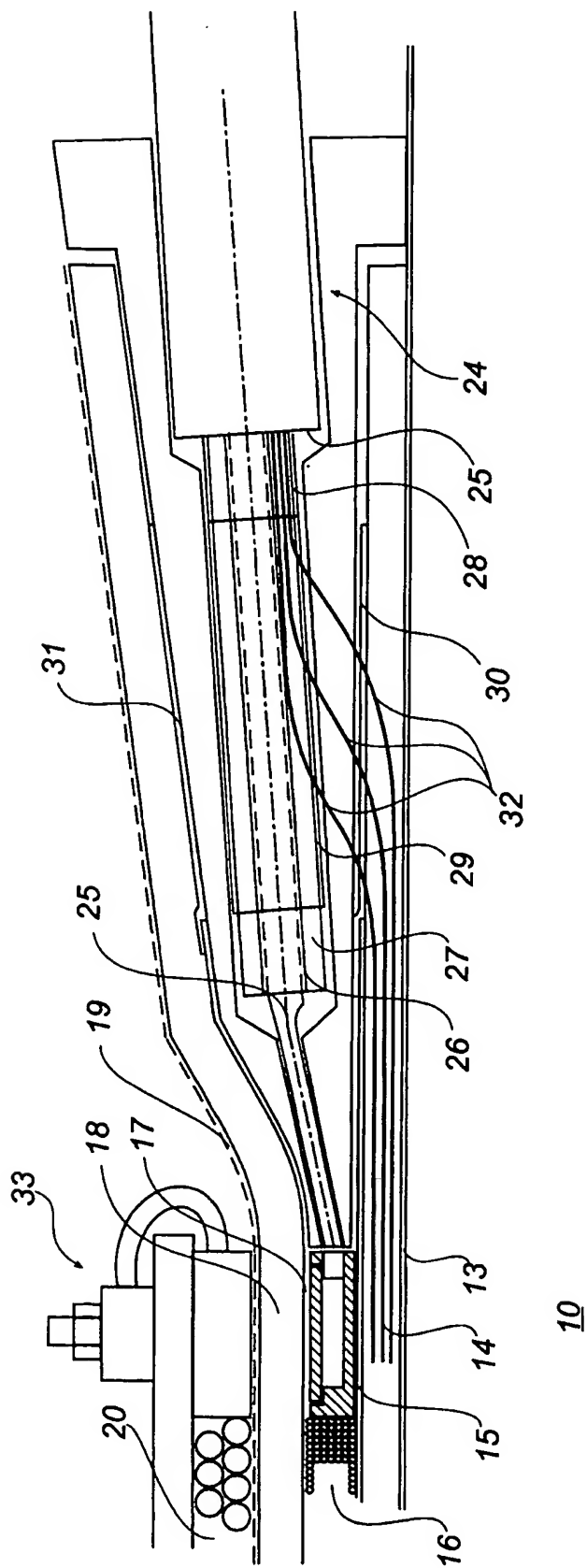
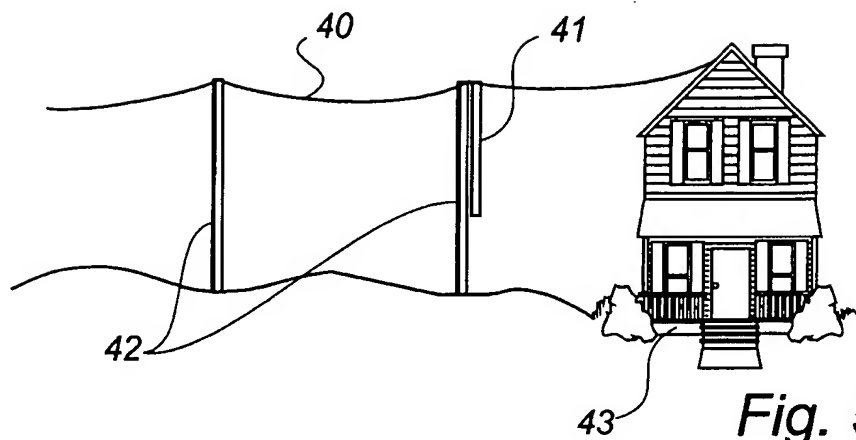


Fig. 4



*Fig. 5*

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**